

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

#3

LAW OFFICES OF
SYNNESTVEDT & LECHNER LLP
2600 ARAMARK TOWER
1101 MARKET STREET
PHILADELPHIA, PA 19107-2950
TELEPHONE (215) 923-4466
FACSIMILE (215) 923-2189
E-MAIL synnlech@synnlech.com
www.synnlech.com

September 26, 2000

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

INVENTOR: Tsuyoshi Toki
APPLICATION NO. 09/611,916 Art Unit: Unknown
FILED: July 7, 2000 Examiner: Unknown
CASE: P24,207 USA
TITLE: LASER APPARATUS AND
METHOD FOR CONTROLLING THE SAME

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service, on September 26, 2000, as "First Class Mail" in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, Washington, DC 20231.


Danielle M. Forker

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

SUBMISSION OF CERTIFIED
COPIES OF PRIORITY APPLICATIONS

Applicant encloses for filing in connection with the above-identified application certified copies of Japanese priority application Nos. 11-195850 and 2000-142862, filed on July 9, 1999 and May 16, 2000, respectively. The copies of the priority applications were certified as true and correct by the Japanese Patent Office.

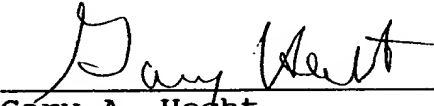
Application No. 09/611,916
Attorney Docket No. P24,207 USA

September 26, 2000
Page 2

Any fee associated with the filing of the aforementioned certified copies should be charged by the Patent Office to Deposit Account No. 19-5424. A copy of this correspondence is enclosed for charging purposes.

Respectfully submitted,
SYNNESTVEDT & LECHNER LLP

9/26/00
Date

By: 
Gary A. Hecht
Registration No. 36,826

GAH/gjo
Enclosures

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
in this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 7月 9日

願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第195850号

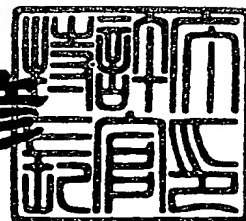
願 人
Applicant(s):

株式会社ニコン

2000年 6月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3044330

【書類名】 特許願

【整理番号】 99-00423

【提出日】 平成11年 7月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社 ニコ
 ン 内

 【氏名】 土岐 剛史

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100068755

 【住所又は居所】 岐阜市大宮町 2 丁目 1 2 番地の 1

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 恩田 博宣

 【電話番号】 058-265-1810

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 002956

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9800462

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ装置及びその制御方法、並びに露光装置及び露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 照射対象物に照射されるレーザビームを発射するレーザ装置であって、

レーザビームを発振する共振器と、

前記共振器から射出されたレーザビームを検出する検出手段と、

前記照射対象物に対するレーザビームの照射を停止した待機状態において前記共振器から複数の発振条件でレーザビームを発振させるとともに、その待機状態において発振されたレーザビームを前記検出手段で検出させる制御手段とを備えたことを特徴とするレーザ装置。

【請求項 2】 前記制御手段は、前記待機状態における前記検出手段の検出結果に基づいて、前記複数の発振条件毎に前記レーザビームの出力を制御するための制御データを求めることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ装置。

【請求項 3】 前記レーザビームはパルス光であり、前記制御手段は前記複数の発振条件毎に発振開始から所定のパルス数の間におけるレーザビームの出力を制御するための制御データを求めることを特徴とする請求項 2 に記載のレーザ装置。

【請求項 4】 前記制御手段は、前記待機状態で求められた制御データに基づいて、前記照射対象物に対してレーザビームを照射する照射状態において前記共振器に供給される印加電圧を調整することを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載のレーザ装置。

【請求項 5】 前記複数の発振条件は、前記レーザビームのエネルギー及び前記レーザビームの発振周波数の少なくとも一方が互いに異なることを特徴とする請求項 1 ～請求項 4 のうちいずれか一項に記載のレーザ装置。

【請求項 6】 前記共振器内に封入されたガスを循環させるための循環手段をさらに備え、前記制御手段は、前記待機状態で求められた制御データに基づき前記照射対象物に対してレーザビームを照射する照射状態で前記循環手段を制御して、前記共振器内のガスの循環を調整することを特徴とする請求項 2 または請

求項 3 に記載のレーザ装置。

【請求項 7】 前記循環手段は、前記共振器内のガスを循環させるためのファンを有し、前記制御手段は、前記ファンの回転速度を調整して、前記共振器内のガスの循環を調整することを特徴とする請求項 6 に記載のレーザ装置。

【請求項 8】 前記複数の発振条件は、前記共振器内のガスの循環速度が互いに異なることを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載のレーザ装置。

【請求項 9】 前記制御手段は、前記共振器内に封入されたガスの圧力を調整可能であることを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載のレーザ装置。

【請求項 10】 前記複数の発振条件は、前記共振器内のガスの圧力が互いに異なることを特徴とする請求項 9 に記載のレーザ装置。

【請求項 11】 照射対象物に照射するレーザビームを発射するレーザ装置の制御方法であって、

前記照射対象物に対するレーザビームの照射を停止した待機状態において共振器から複数の発振条件でレーザビームを発振させ、その待機状態において発振されたレーザビームを検出手段により検出することを特徴とするレーザ装置の制御方法。

【請求項 12】 マスク上に形成されたパターンを所定のレーザビームで照明し、そのパターンの像を投影光学系を介して基板上に露光する露光装置において、

前記パターンを照明する光源として、前記請求項 1 ～請求項 10 のうちいずれか一項に記載のレーザ装置を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 13】 マスク上に形成されたパターンを所定のレーザビームで照明し、そのパターンの像を投影光学系を介して基板上に露光する露光方法において、

前記パターン上へのレーザビームの照射を停止した待機状態においてレーザ装置の共振器から複数の発振条件で所定のレーザビームを発振させ、その待機状態において発振されたレーザビームを検出手段により検出し、その検出結果に基づいて前記パターン上へのレーザビームの照射を調整することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、照射対象物に照射されるレーザビームを発射するレーザ装置及びその制御方法に関するものである。また、例えば半導体素子、液晶表示素子、撮像素子（CCD等）または薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスを製造するためのリソグラフィ工程で使用されるレーザ装置を用いた露光装置及びその露光方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より半導体素子等を製造する際には、レチクル（マスク）上に形成されたパターンを、フォトリソ等感光材料が塗布されたウエハ（基板）上に転写露光する露光装置が使用されている。この種の露光装置においては、近年の回路パターンの微細化に伴って、高解像度化の要求が高まっている。このような要求に対処するため、光源としてエキシマレーザ装置を採用して、露光光を短波長化する対策が採られている。

【0003】

上記のようなエキシマレーザ装置では、照射対象物としてのレチクルに対してレーザビームの照射を停止した待機状態においても、一定間隔おきもしくは連続的に所定の発振を行っている。この場合、レーザビームの発振条件、すなわちエネルギー設定値及び発振周波数は一定に維持されている。これによって、チャンバ内のガスの密度分布を一定に保つとともに、その後の発振時に必要となる印加電圧等の制御データの学習を行うようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、近年では露光条件の多様化により、露光時の発振状態を複雑に変化させることが主流となってきた。このため、前記のような従来のレーザ装置においては、実際にウエハ上にパターンを転写露光する実露光時と待機状態の発振時との間で、レーザビームのエネルギー設定値及び発振周波数が大幅に変化するこ

とがある。

【0005】

これにより、実露光時の発振制御を、待機状態で学習した印加電圧等の制御データに基づいて行っても、例えばその発振の初期段階において、要求される照射量と実際に照射される照射量とのずれが大きくなるという問題があった。そして、前記のような従来のレーザ装置を用いた露光装置では、照射対象物としてのレチクルに対するレーザビームの照射条件を速やかに安定させることができないという問題があった。

【0006】

本発明は、このような従来の技術に存在する問題点に着目してなされたものである。その目的としては、照射対象物に対するレーザビームの照射を停止した待機状態において、各種の発振条件におけるレーザビームの発振状態を正確に把握して、それらの発振条件毎に正確な発振制御を行うことができるレーザ装置及びその制御方法を提供することにある。

【0007】

また、その他の目的としては、待機状態において予め実露光時に要求される発振条件の範囲内で発振に必要なデータを用意しておくことができ、その用意されたデータに基づいて、実露光時におけるパターンの照射条件を速やかに安定させることができる露光装置及びその露光方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本願請求項1に記載の発明は、照射対象物(R)に照射されるレーザビーム(LB)を発射するレーザ装置(20)であって、レーザビーム(LB)を発振する共振器(20a)と、前記共振器(20a)から射出されたレーザビーム(LB)を検出する検出手段(20d、34、44)と、前記照射対象物(R)に対するレーザビーム(LB)の照射を停止した待機状態において前記共振器(20a)から複数の発振条件でレーザビーム(LB)を発振させるとともに、その待機状態において発振されたレーザビーム(LB)を前記検出手段(20d、34、44)で検出させる制御手段(20e)とを備え

たことを特徴とするものである。

【0009】

この本願請求項1に記載の発明では、待機状態において発振条件を変更しながら発振されたレーザビームの検出結果に基づいて、各種の発振条件におけるレーザビームの発振状態を予め正確に把握することができる。

【0010】

また、本願請求項2に記載の発明は、前記請求項1に記載の発明において、前記制御手段(20e)は、前記待機状態における前記検出手段(20d、34、44)の検出結果に基づいて、前記複数の発振条件毎に前記レーザビーム(LB)の出力を制御するための制御データを求めることを特徴とするものである。

【0011】

この本願請求項2に記載の発明では、前記請求項1に記載の発明の作用に加えて、待機状態におけるレーザビームの検出結果により、各種の発振条件毎にレーザビームの出力制御用の制御データが求められる。

【0012】

また、本願請求項3に記載の発明は、前記請求項2に記載の発明において、前記レーザビーム(LB)はパルス光であり、前記制御手段(20e)は前記複数の発振条件毎に発振開始から所定のパルス数の間におけるレーザビーム(LB)の出力を制御するための制御データを求めることを特徴とするものである。

【0013】

この本願請求項3に記載の発明では、前記請求項2に記載の発明の作用に加えて、特にレーザビームが変動しやすい各発振条件毎の発振開始時において、レーザビームにおける出力制御用の制御データがより正確に求められる。

【0014】

また、本願請求項4に記載の発明は、前記請求項2または請求項3に記載の発明において、前記制御手段(20e)は、前記待機状態で求められた制御データに基づいて、前記照射対象物(R)に対してレーザビーム(LB)を照射する照射状態において前記共振器(20a)に供給される印加電圧を調整することを特徴とするものである。

【0015】

この本願請求項4に記載の発明では、前記請求項2または請求項3に記載の発明の作用に加えて、照射対象物に対するレーザビームの実際の照射状態において、待機状態で求められた制御データに基づいて、共振器への印加電圧が調整される。これにより、共振器内のガスの状態を、速やかに要求された照射量が射出可能な状態に移行させることができる。

【0016】

また、本願請求項5に記載の発明は、前記請求項1～請求項4のうちいずれか一項に記載の発明において、前記複数の発振条件は、前記レーザビーム(LB)のエネルギー及び前記レーザビーム(LB)の発振周波数の少なくとも一方が互いに異なることを特徴とするものである。

【0017】

この本願請求項5に記載の発明では、前記請求項1～請求項4のうちいずれか一項に記載の発明の作用に加えて、待機状態における発振条件の変更は、照射条件として変更対象となりやすいレーザビームのエネルギーまたは発振周波数の少なくとも一方を変化させることにより行われる。このため、レーザ装置の使用条件に即した発振状態の把握が可能になる。

【0018】

また、本願請求項6に記載の発明は、前記請求項2または請求項3に記載の発明において、前記共振器(20a)内に封入されたガスを循環させるための循環手段(20g)をさらに備え、前記制御手段(20e)は、前記待機状態で求められた制御データに基づき前記照射対象物(R)に対してレーザビーム(LB)を照射する照射状態で前記循環手段(20g)を制御して、前記共振器(20a)内のガスの循環を調整することを特徴とするものである。

【0019】

この本願請求項6に記載の発明では、前記請求項2または請求項3に記載の発明の作用に加えて、照射対象物に対するレーザビームの実際の照射状態において、待機状態で求められた制御データに基づいて、共振器内のガスの循環速度が調整される。これにより、共振器内のガスの状態を、速やかに要求された照射量が

射出可能な状態に移行させることができる。

【0020】

また、本願請求項7に記載の発明は、前記請求項6に記載の発明において、前記循環手段(20g)は、前記共振器(20a)内のガスを循環させるためのファン(20g)を有し、前記制御手段(20e)は、前記ファン(20g)の回転速度を調整して、前記共振器(20a)内のガスの循環を調整することを特徴とするものである。

【0021】

この本願請求項7に記載の発明では、前記請求項6に記載の発明の作用に加えて、ファンの回転速度を変更することにより、共振器内のガスの循環を容易に調整することができる。

【0022】

また、本願請求項8に記載の発明は、前記請求項6または請求項7に記載の発明において、前記複数の発振条件は、前記共振器(20a)内のガスの循環速度が互いに異なることを特徴とするものである。

【0023】

この本願請求項8に記載の発明では、前記請求項6または請求項7に記載の発明の作用に加えて、待機状態における発振条件の変更は、照射条件として変更可能なレーザビームの射出時における共振器内のガスの循環速度を変化させることにより行われる。このため、レーザ装置の使用条件に即した発振状態の把握が可能になる。

【0024】

また、本願請求項9に記載の発明は、前記請求項2または請求項3に記載の発明において、前記制御手段(20e)は、前記共振器(20a)内に封入されたガスの圧力を調整可能であることを特徴とするものである。

【0025】

この本願請求項9に記載の発明では、前記請求項2または請求項3に記載の発明の作用に加えて、照射対象物に対するレーザビームの実際の照射状態において、待機状態で求められた制御データに基づいて、共振器内のガスの圧力が調整さ

れる。これにより、共振器内のガスの状態を、速やかに要求された照射量が射出可能な状態に移行させることができる。

【0026】

また、本願請求項10に記載の発明は、前記請求項9に記載の発明において、前記複数の発振条件は、前記共振器(20a)内のガスの圧力が互いに異なることを特徴とするものである。

【0027】

この本願請求項10に記載の発明では、前記請求項9に記載の発明の作用に加えて、待機状態における発振条件の変更は、照射条件として変更可能なレーザービームの射出時における共振器内のガスの圧力を変化させることにより行われる。このため、レーザー装置の使用条件に即した発振状態の把握が可能になる。

【0028】

また、本願請求項11に記載の発明は、照射対象物(R)に照射するレーザービーム(LB)を発射するレーザー装置(20)の制御方法であって、前記照射対象物(R)に対するレーザービーム(LB)の照射を停止した待機状態において共振器(20a)から複数の発振条件でレーザービーム(LB)を発振させ、その待機状態において発振されたレーザービーム(LB)を検出手段(20d、34、44)により検出することを特徴とするものである。

【0029】

この本願請求項11に記載の発明では、照射対象物に対するレーザービームの照射を停止した待機状態において、各種の発振条件におけるレーザービームの発振状態を正確に把握することができる。

【0030】

また、本願請求項12に記載の発明は、マスク(R)上に形成されたパターンを所定のレーザービーム(LB)で照明し、そのパターンの像を投影光学系(14)を介して基板(W)上に露光する露光装置(11)において、前記パターンを照明する光源(20)として、前記請求項1～請求項10のうちいずれか一項に記載のレーザー装置(20)を備えたことを特徴とするものである。

【0031】

この本願請求項 12 に記載の発明では、待機状態において予め実露光時に要求される発振条件の範囲内で発振に必要なデータを用意しておくことができる。そして、この用意されたデータに基づいて、実露光時におけるパターンの照射条件を速やかに安定させることができる。

【0032】

また、本願請求項 13 に記載の発明は、マスク (R) 上に形成されたパターンを所定のレーザビーム (LB) で照明し、そのパターンの像を投影光学系 (14) を介して基板 (W) 上に露光する露光方法において、前記パターン上へのレーザビーム (LB) の照射を停止した待機状態においてレーザ装置 (20) の共振器 (20a) から複数の発振条件で所定のレーザビーム (LB) を発振させ、その待機状態において発振されたレーザビーム (LB) を検出手段 (20d、34、44) により検出し、その検出結果に基づいて前記パターン上へのレーザビーム (LB) の照射を調整することを特徴とするものである。

【0033】

この本願請求項 13 に記載の発明では、前記請求項 12 に記載の発明の作用と同様に作用する。

【0034】

【発明の実施の形態】

(第 1 実施形態)

以下に、本発明を半導体素子製造用の露光装置に具体化した第 1 実施形態について図 1～図 3 に基づいて説明する。

【0035】

図 1 には、第 1 の実施形態の露光装置 11 の概略構成が示されている。この露光装置 11 は、露光用光源にパルス光源としてのエキシマレーザ装置を用いたステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の露光装置である。この露光装置 11 は、照明光学系 12、その照明光学系 12 により照明される照明対象物及びマスクとしてのレチクル R を保持して所定の走査方向に移動するレチクルステージ 13、レチクル R に形成されたパターンの像を基板としてのウエハ W 上に投影する投影光学系 14、ウエハ W を保持して前記投影光学系 14 との相対位置を変更

するウエハステージ 15、及びこれらの制御系を備えている。

【0036】

前記照明光学系 12 は、レーザ装置を構成するエキシマレーザ光源 20、ビーム整形光学系 21、フライアイレンズ 22、開口絞り板 23、ビームスプリッタ 24、第 1 リレーレンズ 25 A、第 2 リレーレンズ 25 B、固定レチクルブラインド 26 A、可動レチクルブラインド 26 B、ミラー 27 及びコンデンサレンズ 28 等を備えている。

【0037】

前記エキシマレーザ光源 20 としては、XeCl エキシマレーザ光源（発振波長 308 nm）、KrF エキシマレーザ光源（発振波長 248 nm）、又は ArF エキシマレーザ光源（発振波長 193 nm）、F₂ エキシマレーザ光源（発振波長 157 nm）等が使用される。

【0038】

前記ビーム整形光学系 21 は、例えばシリンダレンズやビームエキスパンダ等で構成され、エキシマレーザ光源 20 から発射されたパルス光としてのレーザビーム LB の断面形状を、フライアイレンズ 22 に効率よく入射するように整形する。フライアイレンズ 22 は、エキシマレーザ光源 20 から射出されたレーザビーム LB の強度分布を均一化するためのオプチカルインテグレータとして機能する。なお、このフライアイレンズ 22 から射出されるレーザビーム LB を以下においては、「パルス照明光 IL」と呼ぶものとする。

【0039】

前記開口絞り板 23 は、円板状部材からなり、投影光学系 14 の瞳面とほぼ共役なフライアイレンズ 22 の射出面の近傍に配置されている。この開口絞り板 23 には、例えば通常の円形開口の他、小さな円形開口からなる小 σ 用開口、輪帯照明用の開口、前記パルス照明光 IL の光軸から偏倚した位置に開口された斜入射照明用の開口等が等角度間隔で形成されている。そして、この開口絞り板 23 は、後述する主制御系 31 にて制御されるモータ等の駆動装置 32 により回転されるようになっている。これにより、周期性パターン、孤立パターン等のレチクル R 上のパターンに応じて、開口絞り板 23 の各開口絞りがパルス照明光 IL の

光路上に選択的に配置設定され、照明条件が変更される。すなわち、開口絞り板 23 は、レチクル R 上のパターンに応じて投影光学系 14 の瞳面とほぼ共役な面におけるパルス照明光 I L の強度分布を変更して、レチクル R の照明条件を変更する役割を持っている。

【0040】

前記ビームスプリッタ 24 は、オプチカルインテグレータとしてのフライアイレンズ 22 から射出されたパルス照明光 I L の一部を反射させるように、高い透過率と低い反射率とを有している。

【0041】

前記第 1 リレーレンズ 25 A と第 2 リレーレンズ 25 B との間に、固定レチクルブラインド 26 A 及び可動レチクルブラインド 26 B が介在されている。この固定レチクルブラインド 26 A は、レチクル R のパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、レチクル R 上の照明領域 R a を規定するための矩形開口を有している。可動レチクルブラインド 26 B は、固定レチクルブラインド 26 A の近傍に配置され、走査方向の位置及び幅が可変の開口部を有している。

【0042】

前記ミラー 27 は、前記第 2 リレーレンズ 25 B を通過したパルス照明光 I L の光路を折り曲げて、そのパルス照明光 I L をコンデンサレンズ 28 を介して、レチクル R 上の照明領域 R a に照射するようになっている。

【0043】

ここで、このように構成された照明光学系 12 の作用を簡単に説明する。エキシマレーザ光源 20 からパルス発光されたレーザビーム L B は、ビーム整形光学系 21 に入射する。ここで、後方のフライアイレンズ 22 に効率よく入射するようにその断面形状が整形された後、レーザビーム L B はフライアイレンズ 22 に入射する。これにより、フライアイレンズ 22 の射出端に多数の 2 次光源が形成される。この多数の 2 次光源から射出されたパルス照明光 I L は、開口絞り板 23 上のいずれかの開口絞りを通過した後、ビームスプリッタ 24 に至る。

【0044】

このビームスプリッタ 24 を透過した露光光としてのパルス照明光 I L は、第 1 リレーレンズ 25 A を経て固定レチクルブラインド 26 A の矩形の開口部及び可動レチクルブラインド 26 B を通過する。そして、パルス照明光 I L は、第 2 リレーレンズ 25 B を通過してミラー 27 により光路を垂直下方に折り曲げられた後、コンデンサレンズ 28 を経て、レチクルステージ 13 上に保持されたレチクル R 上の矩形の照明領域 R a に対して均一な照度分布で照明される。

【0045】

一方、前記ビームスプリッタ 24 で反射されたパルス照明光 I L は、集光レンズ 33 を介して光電変換素子よりなるインテグレータセンサ 34 で受光される。そして、インテグレータセンサ 34 から出力された光電変換信号が、図示しないピークホールド回路及び A/D 変換器を介して、パルス毎の照射エネルギー信号 E S として後述する主制御系 31 に供給される。

【0046】

前記インテグレータセンサ 34 としては、例えば遠紫外域で感度があり、かつエキシマレーザ光源 20 のパルス発光を検出するために高い応答周波数を有する P I N 型のフォトダイオード等が使用できる。このインテグレータセンサ 34 からの照射エネルギー信号 E S と、ウエハ W の表面上でのパルス照明光 I L のエネルギー（露光量）との相関係数は予め求められて、後述する主制御系 31 に併設されたメモリ 35 内に記憶されている。

【0047】

前記レチクル R は、レチクルステージ 13 上に載置され、図示しないバキュームチャック等により吸着保持されている。レチクルステージ 13 は、水平面（X-Y 平面）内で、レチクルステージ駆動部 36 により走査方向（ここでは、図 1 の紙面左右方向である Y 方向とする）に所定ストローク範囲で走査されるようになっている。この走査中のレチクルステージ 13 の位置は、レチクルステージ 13 上に固定された移動鏡 37 を介して外部のレーザ干渉計 38 によって計測され、このレーザ干渉計 38 の計測値が後述する主制御系 31 に供給されるようになっている。

【0048】

前記投影光学系 14 は、両側テレセントリックな光学配置になるように配置された Z 軸方向に共通の光軸 AX を有する複数枚のレンズエレメントから構成されている。また、この投影光学系 14 としては、投影倍率 α (α は例えば $1/4$ または $1/5$) のものが使用されている。このため、前記のようにパルス照明光 IL によりレチクル R 上の照明領域 Ra が照明されると、そのレチクル R に形成されたパターンが投影光学系 14 によって投影倍率 α で縮小された像として、表面にレジスト（感光材料）が塗布されたウエハ W 上のスリット状の露光領域 Wa に投影露光される。

【0049】

前記ウエハステージ 15 は、ウエハステージ駆動部 39 によって駆動される XY ステージ 40 及び Z チルトステージ 41 とからなっている。XY ステージ 40 は、走査方向である Y 方向（図 1 における水平方向）及びこれに直交する X 方向（図 1 における紙面直交方向）に 2 次元移動可能となっている。

【0050】

Z チルトステージ 41 は、その XY ステージ 40 上に搭載され、Z 方向（図 1 における上下方向）に移動可能かつ投影光学系 14 の光軸 AX に対して傾斜可能となっている。この Z チルトステージ 41 上に、図示しないウエハホルダを介してウエハ W が真空吸着等により保持されている。そして、Z チルトステージ 41 は、ウエハ W の Z 方向の位置（フォーカス位置）を調整すると共に、前記投影光学系 14 の光軸 AX に対するウエハ W の傾斜角を調整する機能を有する。また、ウエハステージ 15 の位置は、Z チルトステージ 41 上に固定された移動鏡 42 を介して外部のレーザ干渉計 43 により計測され、このレーザ干渉計 43 の計測値が後述する主制御系 31 に供給されるようになっている。

【0051】

前記 Z チルトステージ 41 上には照度ムラセンサ 44 が配設され、この照度ムラセンサ 44 は XY ステージ 40 の移動により投影光学系 14 の光軸 AX 上に配置されるようになっている。そして、照度ムラセンサ 44 は、この投影光学系 14 の光軸 AX 上に配置された状態で、その投影光学系 14 の像面位置に到達したパルス照明光 IL の照度分布を検出する。この照度ムラセンサ 44 で検出された

前記パルス照明光 I L の照度分布は後述する主制御系 31 に入力され、照度ムラセンサ 44 での検出結果と前記インテグレータセンサ 34 からの照度検出結果との比較により、照度ムラが求められるようになっている。

【0052】

主制御系 31 は、CPU（中央演算処理装置）、ROM（リード・オンリ・メモリ）、RAM（ランダム・アクセス・メモリ）等から成るいわゆるマイクロコンピュータ（またはミニコンピュータ）を含んで構成されている。この主制御系 31 は、露光動作が的確に行われるように、例えばレチクル R とウエハ W の同期走査、ウエハ W のステッピング、露光タイミング、さらには走査露光時におけるエキシマレーザ光源 20 の発振条件等を統括して制御する。

【0053】

具体的には、主制御系 31 は、例えば走査露光時には、レーザ干渉計 38、43 の計測値に基づいて、レチクルステージ駆動部 36、ウエハステージ駆動部 39 をそれぞれ介して、レチクルステージ 13、XY ステージ 40 の位置及び速度をそれぞれ制御する。また、主制御系 31 は、制御情報 CS をエキシマレーザ光源 20 に供給することによって、エキシマレーザ光源 20 の発光タイミング、及び発光パワー（発光されるレーザビーム L B のエネルギー）等を設定する。さらに、主制御系 31 は、駆動装置 32 を介して照明光学系開口絞り板 23 を制御するとともに、ステージ系の動作情報に同期して可動レチクルブラインド 26 B の開閉動作を制御する。

【0054】

次に、本実施形態の露光装置 11 のエキシマレーザ光源 20 の内部構成について説明する。

図 2 に示すように、エキシマレーザ光源 20 の内部には、レーザ共振器 20 a、ビームスプリッタ 20 b、シャッタ 20 c、エネルギーモニタ 20 d、コントローラ 20 e 及び高圧電源 20 f が設けられている。前記レーザ共振器 20 a には、複数のガスが封入されている。また、レーザ共振器 20 a の内部には、レーザビーム L B を発振させるための一対の電極（不図示）と、ファン 20 g とが設けられている。前記高圧電源 20 f は、制御手段を構成するコントローラ 20 e

の制御の下で、前記レーザ共振器 2 0 a 内の一对の電極に所定の印加電圧を印加する。これにより、前記一对の電極間で放電が生じ、レーザビーム L B が発振される。

【 0 0 5 5 】

前記シャッタ 2 0 c は、主制御系 3 1 からの制御情報に応じて開閉される。すなわち、レチクル R に対するレーザビーム L B の照射を停止する待機状態においては、シャッタ 2 0 c が閉じられ、エキシマレーザ光源 2 0 からビーム整形光学系 2 1 へのレーザビーム L B の射出が遮断される。一方、レチクル R に対するレーザビーム L B の照射を行われる照射状態においては、シャッタ 2 0 c が開かれ、エキシマレーザ光源 2 0 からビーム整形光学系 2 1 へレーザビーム L B が射出される。

【 0 0 5 6 】

また、前記ファン 2 0 g は、コントローラ 2 0 e の制御の下で、レーザ共振器 2 0 a 内部に封入されたガスを循環させるために回転する。これにより、連続的なパルス発振を行っても、前記電極間に励起状態のガスが安定して供給される。なお、コントローラ 2 0 e は、パルス発振を行わない（電極間に電圧を印加しない）状態が長い間続く場合には、ファン 2 0 g の回転を止めている。これは、ファン 2 0 g を回転させるためのシャフトが、レーザ共振器 2 0 a 内でガスを密閉しているチャンバを貫通する構造になっており、必要以上にファン 2 0 g を回転させることによってガスの密閉状態が劣化するのを抑制するためである。

【 0 0 5 - 7 】

また、コントローラ 2 0 e は、レーザ共振器 2 0 a のレーザビーム L B のパルス発振の間隔（発振周波数）に応じてファン 2 0 g の回転速度（レーザ共振器 2 0 a 内におけるガスの循環速度）を調整する。例えば、パルス発振の間隔が長い場合には、ガスの循環速度が遅くても電極間に励起状態のガスを安定して供給できるので、ファン 2 0 g の回転速度を遅くする。また、パルス発振間隔が短い場合には、ガスの循環速度を早くするためにファン 2 0 g の回転速度を早くする。このように、ファン 2 0 g の回転速度を変更することにより、レーザ共振器 2 0 a 内のガスの循環を容易に調整することができる。

【0058】

さらに、コントローラ20eは、レーザ共振器20a内のガスの圧力も調整することができる。なお、レーザ共振器20a内のガスの圧力変化とレーザ共振器20aから射出されるレーザビームLBの特性（エネルギーなど）変化との関係を示すデータを予め記憶しておいてもよい。そして、そのデータを用いて、ウェハWの露光時など照射状態でレーザ共振器20a内のガスの圧力を調整して、レーザ共振器20aから射出されるレーザビームLBの特性を変化させるようにしてもよい。

【0059】

図2において、レーザ共振器20aからパルス的に放出されたレーザビームLBは、高い透過率と低い反射率とを有するビームスプリッタ20bに入射する。ビームスプリッタ20bを透過したレーザビームLBは、前記シャッタ20cを介してエキシマレーザ光源20の外部に射出される。

【0060】

また、ビームスプリッタ20bで反射されたレーザビームLBは、光電変換素子からなる検出手段としてのエネルギーモニタ20dに入射する。エネルギーモニタ20dからの光電変換信号は、図示しないピークホールド回路を介して、各パルス毎の射出エネルギー信号RSとして、コントローラ20eに入力される。

【0061】

そして、レチクルRにレーザビームLBを照射する通常の照射状態になる直前に、コントローラ20eはレーザ共振器20aから射出されるレーザビームLBのエネルギーが、主制御系31より供給された制御情報CS中の1パルス当たりのエネルギーの目標値に対応した値となるように、高圧電源20fからレーザ共振器20aに供給される印加電圧を設定する。また、コントローラ20eは、前記制御情報CSに基づいて、レーザ共振器20aにおける発振周波数をも変更する。

【0062】

すなわち、コントローラ20eは、主制御系31からの制御情報CSに応じて、エキシマレーザ光源20の発振周波数を主制御系31で指示された周波数に設

定する。また、コントローラ 20 e は、エキシマレーザ光源 20 での 1 パルス当たりのエネルギーが主制御系 31 で指示された値となるように、高圧電源 20 f からの印加電圧を設定する。

【0063】

また、走査露光のためにレチクル R にレーザビーム LB を照射する照射状態においては、ビームスプリッタ 24 で反射されたレーザビーム LB の一部がインテグレートセンサ 34 に入射する。その走査露光中、コントローラ 20 e は、インテグレートセンサ 34 から主制御系 31 を介して入力されるパルス発振毎の照射エネルギーに関する情報に基づいて、高圧電源 20 f からレーザ共振器 20 a に供給される印加電圧をパルス発振毎に制御する。なお、その走査露光中にエキシマレーザ光源 20 内のエネルギーモニタ 20 d は、ビームスプリッタ 20 b を介してレーザビーム LB の一部を検出して、レーザ共振器 20 a 自体の性能変動を監視している。

【0064】

これに対して、レチクル R に対するレーザビーム LB の照射を停止する待機状態においては、コントローラ 20 e は、シャッタ 20 c を閉じた状態でレーザ共振器 20 a に複数の発振条件でレーザビーム LB を発振させる。そして、コントローラ 20 e は、その発振されたレーザビーム LB をエネルギーモニター 20 d で検出させる。

【0065】

この場合、レーザ共振器 20 a が、図 3 に示すように、所定パルス数（例えば数 10 ～ 数 100 パルス）のレーザビーム LB を発振した後に、所定時間（例えば数秒 ～ 数百秒）だけレーザビーム LB の発振を停止させるという動作を繰り返すように制御される。また、断続的にひとまとまりのレーザ発振が行われる各バースト A, B, C, … において、例えば表 1 または表 2 に示すように、複数の発振条件として、レーザビーム LB のエネルギー設定値または発振周波数を変更して、レーザ発振が行われる。

【0066】

【表 1】

バースト	A	B	C	D	...	A	B	...
エネルギー設定値 (mJ)	5	6	7	8	...	5	6	...
発振周波数 (kHz)	1	1	1	1	...	1	1	...

【0067】

【表 2】

バースト	A	B	C	D	...	A	B	...
エネルギー設定値 (mJ)	10	10	10	10	...	10	10	...
発振周波数 (kHz)	0.8	0.9	1.0	1.1	...	0.8	0.9	...

そして、コントローラ 20e は、エネルギーモニター 20d の検出結果に基づいて、各発振条件毎にレーザビーム LB を出力するための制御データを求める。この制御データとして、設定電圧（レーザ共振器 20a 内の電極間に印加される電圧）と目標エネルギー（レーザ共振器 20a から射出されるべきエネルギー）との関係を、各バースト毎に、すなわち各発振条件毎に求める。なお、前記各バースト A, B, C, ... において、レーザビーム LB のエネルギーが不安定な発振開始から所定の n パルス（レーザ光源にもよっても異なるが、例えば 30~100 パルス程度）を発振する間だけで求めて、コントローラ 20e 内に装備された記憶領域に記憶される。

【0068】

具体的には、各バーストの 1 パルス目において、レーザ共振器 20a をある設定電圧 V1 で発振させたときに、エネルギーモニター 20d にて検出されたレー

ザビームLBのエネルギーがE1である場合、その設定電圧V1及び検出エネルギーE1が記憶される。それとともに、この設定電圧V1及び検出エネルギーE1と設定電圧Vset及び目標エネルギーEsetとを比較して、そのエネルギーの差d1が求められる。そして、この差d1に基づいて2パルス目の設定電圧V2が決定され、高圧電源20fからレーザ共振器20aに供給される印加電圧が調整される。

【0069】

続いて、2パルス目の発振時においても、前記1パルス目の場合と同様に、実際の設定電圧V2及び検出エネルギーE2が記憶される。これとともに、その設定電圧V2及び検出エネルギーE2と目標の設定電圧Vset及びエネルギーEsetとの差d2が求められ、その差d2に基づいて、3パルス目の発振時における設定電圧V3が決定される。その後、3パルス目から所定のnパルス目までは、前記と同様の学習動作が繰り返し行われて、実際の設定電圧Vn及び検出エネルギーEnが蓄積される。

【0070】

こうして、各バースト毎に、1パルス目から所定のnパルス目まで各パルス毎に得られる高圧電源20fからレーザ共振器20a内の電極間に印加された電圧（設定電圧）とエネルギーモニタ20dで検出されたレーザビームLBのエネルギーとの関係が蓄積される。そして、この蓄積された情報に基づいて、各発振条件毎に制御データが作成される。

【0071】

そして、レチクルRにレーザビームLBを照射して、レチクルR上のパターンをウエハW上に露光する実際の露光時においては、コントローラ20eは、各発振条件ごとに記憶された制御データの中から露光時の発振条件に適した制御データを選択する。そして、1パルス目から所定のnパルス目までは、その選択された制御データに基づいて、高圧電源20fからレーザ共振器20aに供給される印加電圧を調整して、レチクルR上へのレーザビームLBの照射を制御する。

【0072】

また、n+1パルス目以降は、前述の設定電圧Vsetと目標エネルギーEs

e t との関係データと、その前に射出された少なくとも 1 パルスのレーザビーム L B のエネルギーとに基づいて、高圧電源 20 f からレーザ共振器 20 a 内の電極に印加される電圧が調整される。

【0073】

具体的には、主制御系 31 からの制御情報 C S にて、実露光時の設定電圧 V_e 及びエネルギー E_e が指示された場合、1 パルス目の発振時には、前記待機状態で求められた設定電圧 V_1 及びエネルギー E_1 に基づいて、エネルギー E_e のレーザビーム L B が発射されるように設定電圧 V_{e1} が決定される。そして、この 1 パルス目のレーザビーム L B のエネルギー E_{e1} がインテグレータセンサ 34 により検出される。

【0074】

続いて、2 パルス目の発振時には、待機状態における設定電圧 V_2 、エネルギー E_2 に基づいて、エネルギー E_e のレーザビーム L B が発射されるように設定電圧 V_{e2} が決定される。そして、3 パルス目から所定の n パルス目までは、前記 2 パルス目と同様に、待機状態における該当パルスの設定電圧 $V_3 \sim V_n$ 及びエネルギー $E_3 \sim E_n$ に基づいて、エネルギー E_e のレーザビーム L B が発射されるように設定電圧 $V_{e3} \sim V_{en}$ が決定され、パルス発振されたレーザビーム L B のエネルギーが順次、インテグレータセンサ 34 で検出される。

【0075】

その後は、直前の $m-1$ パルス目の発振時にインテグレータセンサ 34 で検出されたレーザビーム L B のエネルギー E_{em-1} から次の m パルス目のレーザビーム L B の目標エネルギーを決定する。そして、前述の設定電圧 V_{set} と目標エネルギー E_{set} との関係データに基づき、その決定された m パルス目の目標エネルギーを射出するための設定電圧 V_m が決定される。以下、同様の学習動作を繰り返す通常のアлゴリズムに従って設定電圧が決定される。

【0076】

なお、設定電圧 V_m は、直前の $m-1$ パルス目のレーザビーム L B のエネルギー E_{em-1} に基づく決定に限るものではない。すなわち、その前にパルス発振された N パルス (N は 2 以上の整数) のうち少なくとも 1 パルスのレーザビーム

LBのエネルギーに基づいて決定すればよい。

【0077】

また、前述の設定電圧 V_{set} と目標エネルギー E_{set} とは、複数の発振条件の各々に応じて用意しておくようにしてもよいし、学習動作時や露光動作時に得られる設定電圧と検出エネルギーとの関係に基づいて適宜更新するようにしてもよい。

【0078】

従って、本実施形態によれば、以下のような効果を得ることができる。

(イ) この露光装置 11 においては、レチクル R に対するレーザビーム LB の照射を停止した待機状態において、各バースト毎にエキシマレーザ光源 20 のレーザ共振器 20a の発振条件、例えばレーザビーム LB の設定エネルギーや発振周波数を変更して、レーザビーム LB を発振させるようになっている。そして、このレーザ共振器 20a から発振されたレーザビーム LB を、エネルギーモニタ 20d により検出させるようになっている。

【0079】

このため、待機状態において、各発振条件毎に実際に射出されたレーザビーム LB のエネルギー量、その発振時の印加電圧等の発振状態を、予め正確に把握しておくことができる。従って、レチクル R にレーザビーム LB を照射する照射状態において、種々変更されうる発振条件に、容易に対応することができる。

【0080】

(ロ) この露光装置 11 においては、レーザビーム LB の照射を停止した待機状態において、エネルギーモニタ 20d によるレーザビーム LB の検出結果に基づいて、各発振条件毎にレーザビーム LB の出力を制御するための制御データを求めて、コントローラ 20e の記憶領域に記憶させるようになっている。

【0081】

このため、待機状態におけるレーザビーム LB の検出結果に基づいて、各発振条件毎に、実際に射出されたレーザビーム LB のエネルギー量、その発振時の印加電圧等のレーザビーム LB の出力制御に必要な制御データを求めることができる。従って、前記各発振条件毎の制御データに用いて、レチクル R にレーザビ-

ムLBを照射する照射状態における正確な発振制御を行うことができる。

【0082】

(ハ) この露光装置11においては、レーザ共振器20aからパルス光のレーザビームLBが発振されるようになっている。そして、各発振条件毎に、発振開始からnパルス目までの各パルスのレーザビームLBの出力を制御するための制御データを求めるようになっている。

【0083】

このため、各発振条件毎に、特にレーザビームLBのエネルギーが変動しやすい発振開始時におけるレーザビームLBの出力制御用の制御データを予め求めておくことができ、正確なレーザビームLBの発振制御を行うことができる。

【0084】

(ニ) この露光装置11においては、レチクルRに対してレーザビームLBを照射する照射状態において、待機状態で求められた制御データに基づいて、レーザ共振器20aに供給される印加電圧を調整するようになっている。

【0085】

このため、レーザ共振器20a内に封入された混合ガスの状態を、照射状態で主制御系31から供給される制御情報CS中の照射エネルギー量を射出可能な状態に速やかに移行させることができる。従って、照射状態におけるレーザビームLBの照射条件を速やかに安定させることができる。

【0086】

(ホ) この露光装置11においては、レーザビームLBの照射を停止した待機状態において、レーザ共振器20aから発振されるレーザビームLBのエネルギーまたは発振周波数変化させることにより、各バースト毎の発振条件を複数に変更するようになっている。

【0087】

このように、レチクルRの照射条件として変更されることが多いレーザビームLBのエネルギーや発振周波数を変化させつつ、待機状態における学習動作がなされる。従って、エキシマレーザ光源20の使用条件に即したレーザビームLBの発振状態を、的確に把握することができる。

【0088】

(ヘ) この露光装置 11 においては、レチクル R に対するレーザビーム LB の照射を停止した待機状態において、エキシマレーザ光源 20 内のシャッタ 20 c が閉じられて、レーザ共振器 20 a から発振されるレーザビーム LB がエキシマレーザ光源 20 の外部に射出されないようになっている。

【0089】

このため、レーザビーム LB の照射を停止した待機状態において、ビーム整形光学系 21 以降の光学系、インテグレータセンサ 34 等のセンサにレーザビーム LB が入射されることがない。従って、それらの光学系及びセンサに、変化が生じるおそれを抑制することができる。

【0090】

(第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態について、前記第 1 実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0091】

この第 2 実施形態では、図 1 及び図 2 に示すように、レチクル R に対するレーザビーム LB の照射を停止した待機状態において、固定レチクルブラインド 26 A 及び可動レチクルブラインド 26 B が閉じられるようになっている。この一方で、エキシマレーザ光源 20 内のシャッタ 20 c は開かれたままとなるようになっている。この状態で、エキシマレーザ光源 20 のレーザ共振器 20 a から、前記第 1 の実施形態と同様のレーザビーム LB が発振される。そして、その発振されたレーザビーム LB が、ビーム整形光学系 21、フライアイレンズ 22、開口絞り板 23、ビームスプリッタ 24 及び集光レンズ 33 を介して、検出手段としてのインテグレータセンサ 34 により検出されるようになっている。

【0092】

このインテグレータセンサ 34 で検出された各パルス毎のエネルギーが、主制御系 31 を介してエキシマレーザ光源 20 のコントローラ 20 e にフィードバックされる。そして、この各パルス毎のエネルギー情報は、前記第 1 実施形態と同様に、そのパルスの発振時における設定電圧とともに、コントローラ 20 e 内の

記憶領域に記憶されようになっている。

【0093】

従って、本実施形態によれば、前記第1実施形態における（イ）～（ホ）に記載の効果に加えて、以下のような効果を得ることができる。

（ト） この露光装置11においては、レチクルRに対するレーザビームLBの照射を停止した待機状態で、レチクルRに近い位置にて、インテグレートセンサ34により、エキシマレーザ光源20のレーザ共振器20aから発振されるレーザビームLBを検出するようになっている。

【0094】

このため、レーザビームLBの照射を停止した待機状態において、ビーム整形光学系21、フライアイレンズ22及び開口絞り板23の影響を加味した状態でレーザビームLBの発振状態を把握することができる。従って、照射状態におけるより正確なレーザビームLBの発振制御が可能となる。

【0095】

（第3実施形態）

次に、本発明の第3実施形態について、前記第1実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0096】

この第3実施形態においては、図1に示すように、Zチルトステージ41上に配設された照度ムラセンサ44により、検出手段が構成されている。すなわち、レチクルRに対するレーザビームLBの照射を停止した待機状態において、この照度ムラセンサ44が投影光学系14の光軸AX上に配置される。この状態で、エキシマレーザ光源20のレーザ共振器20aから発振されたレーザビームLBが、そのエキシマレーザ光源20から投影光学系14の像面に至る間の全ての光学素子、つまりビーム整形光学系21、フライアイレンズ22、開口絞り板23、ビームスプリッタ24、両りレーンズ25A、25B、ミラー27、コンデンサレンズ28及び投影光学系14を介して照度ムラセンサ44により検出されるようになっている。

【0097】

この照度ムラセンサ 44 で検出された各パルス毎のエネルギーが、主制御系 31 を介してエキシマレーザ光源 20 のコントローラ 20e にフィードバックされる。そして、この各パルス毎のエネルギー情報は、前記第 1 実施形態と同様に、そのパルスの発振時における設定電圧とともに、コントローラ 20e 内の記憶領域に記憶されようになっている。

【0098】

従って、本実施形態によれば、前記第 1 実施形態における (イ) ~ (ホ) の効果に記載の効果に加えて、以下のような効果を得ることができる。

(チ) この露光装置 11 においては、レチクル R に対するレーザビーム LB の照射を停止した待機状態で、ウエハ W の載置位置と非常に近接した位置にて、照度ムラセンサ 44 により、エキシマレーザ光源 20 のレーザ共振器 20a から発振されるレーザビーム LB を検出するようになっている。

【0099】

このため、レーザビーム LB の照射を停止した待機状態において、レチクル R 上のパターンの転写露光時とほぼ同等の状態ではレーザビーム LB の発振状態を把握することができる。従って、照射状態におけるより一層正確なレーザビーム LB の発振制御が可能となる。

【0100】

(変更例)

なお、本発明の実施形態は、以下のように変更してもよい。

・ 前記各実施形態では、レチクル R に対するレーザビーム LB の照射を停止した待機状態において、レーザビーム LB のエネルギーまたは発振周波数を変化させて、レーザビーム LB の発振条件を変更しているが、レーザビーム LB のエネルギー及び発振周波数の双方を変化させて、レーザビーム LB の発振条件を変更してもよい。

【0101】

このように構成した場合、照射状態で要求されるレーザビーム LB の発振条件により細かく対応することができ、より正確なレーザビーム LB の発振制御が可能となる。

【0102】

また、待機状態（学習時）における発振条件として、各バースト毎に、レーザ共振器 20a に設けられたファン 20g の回転速度（レーザ共振器 20a 内のガスの循環速度）を変更するようにしてもよい。さらに、レーザ共振器 20a 内のガスの圧力を変更するようにしてもよい。

【0103】

これらのように構成しても、レーザ共振器 20a 内に封入された混合ガスの状態を、照射状態で主制御系 31 から供給される制御情報 CS 中の照射エネルギー量を射出可能な状態に速やかに移行させることができる。従って、照射状態におけるレーザビーム LB の照射条件を速やかに安定させることができる。また、レチクル R の照射条件として変更可能なレーザビーム LB の射出時のレーザ共振器 20a 内のガスの循環速度や圧力を変化させつつ、待機状態における学習動作がなされる。従って、エキシマレーザ光源 20 の使用条件に即したレーザビーム LB の発振状態を、的確に把握することができる。

【0104】

要は、レーザビーム LB のパルス発振の制御パラメータが複数用意されている場合には、待機状態において複数の制御パラメータ（設定エネルギー、発振周波数、ガス循環速度、ガス圧力など）のうちの少なくとも一つをバースト毎に変更して、露光動作などの照射状態で要求される発振条件に最適な制御データを得るようにすればよい。

【0105】

前記各実施形態では、照射状態における n パルス目までの設定電圧 V_{en} を、待機状態における該当パルスの設定電圧 V_n 及びエネルギー E_n に基づいて決定するようにした。これに対して、2 パルス目以降の設定電圧 $V_{e2} \sim V_{en}$ を、それぞれ直前の $1 \sim n-1$ パルス目にパルス発振されたレーザビーム LB のエネルギー $E_{e1} \sim E_{en-1}$ と、待機状態で得られた該当パルスの設定電圧 V_n 及び検出エネルギー E_n との関係に基づいて決定してもよい。

【0106】

また、前記第 3 実施形態では、Z チルトステージ 41 上に配設された照度

ムラセンサ 44 により、エキシマレーザ光源 20 のレーザ共振器 20a から発振されたレーザビーム LB を検出するようにした。これに対して、同じく Z チルトステージ 41 上に配設された図示しない照射量モニタにより、前記レーザビーム LB を検出するようにしてもよい。

【0107】

・ また、前記各実施形態では、レーザビーム LB としてパルス光を使用した。例えば He-Ne、炭酸ガス等の連続光ガスレーザを使用してもよい。

・ また、前記各実施形態では、本発明の露光装置を半導体製造用の走査型露光装置に具体化した。例えば液晶表示素子、撮像素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイス、レチクル、フォトマスク等のマスク等に具体化してもよい。また、本発明の露光装置は、レチクル R、フォトマスク等のマスク上のパターンを等倍であるいは拡大して、ウエハ W、ガラスプレート等の基板上に転写露光する露光装置に具体化してもよい。さらに、本発明の露光装置は、レチクル R 上のパターンを、ステップ・アンド・リピート方式でウエハ W 上に転写露光する一括露光型の露光装置に具体化してもよい。

【0108】

・ また、前記各実施形態では、本発明のレーザ装置を、露光装置用のエキシマレーザ光源 20 に具体化した。例えばレーザ加工機用、計測器用、情報読取用等のレーザ装置に具体化してもよい。

【0109】

これらのように構成しても、前記各実施形態とほぼ同様な効果が得られる。

【0110】

【発明の効果】

以上詳述したように、本願請求項 1 及び請求項 11 に記載の発明によれば、照射対象物に対するレーザビームの照射を停止した待機状態において、各種の発振条件におけるレーザビームの発振条件の変更に対して容易に対応することができる。

【0111】

また、本願請求項 2 に記載の発明によれば、前記請求項 1 に記載の発明の効果

に加えて、各種の発振条件毎に正確な発振制御を行うことができる。

また、本願請求項 3 に記載の発明によれば、前記請求項 2 に記載の発明の効果に加えて、特にレーザビームが変動しやすい発振開始時において、正確な発振制御が可能になる。

【0112】

また、本願請求項 4、請求項 6 及び請求項 9 に記載の発明によれば、前記請求項 2 または請求項 3 に記載の発明の効果に加えて、照射対象物に対するレーザビームの実際の照射状態において、レーザビームの照射条件を速やかに安定させることができる。

【0113】

また、本願請求項 5 に記載の発明によれば、前記請求項 1 ～請求項 4 のうちいずれか一項に記載の発明の効果に加えて、照射条件として変更対象となりやすいレーザビームのエネルギーや発振周波数を変化させることにより、レーザ装置の使用条件に即した発振状態の把握が可能になる。

【0114】

また、本願請求項 7 に記載の発明によれば、前記請求項 6 に記載の発明の効果に加えて、ファンの回転速度を変更することにより、共振器内のガスの循環を容易に調整することができる。

【0115】

また、本願請求項 8 に記載の発明によれば、前記請求項 6 または請求項 7 に記載の発明の効果に加えて、照射条件として変更可能なレーザビームの射出時における共振器内のガスの循環速度を変化させることにより、レーザ装置の使用条件に即した発振状態の把握が可能になる。

【0116】

また、本願請求項 10 に記載の発明によれば、前記請求項 9 に記載の発明の効果に加えて、照射条件として変更可能なレーザビームの射出時における共振器内のガスの圧力を変化させることにより、レーザ装置の使用条件に即した発振状態の把握が可能になる。

【0117】

また、本願請求項 12 及び請求項 13 に記載の発明によれば、待機状態において予め実露光時に要求される発振条件の範囲内で発振に必要なデータを用意しておくことができ、実露光時におけるパターンの照射条件を速やかに安定させることができる。よって、実露光時の歩留まりを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 第 1 ～ 第 3 の実施形態の露光装置を示す概略図。

【図 2】 図 1 のエキシマレーザ光源の内部構成の概略的なブロック図。

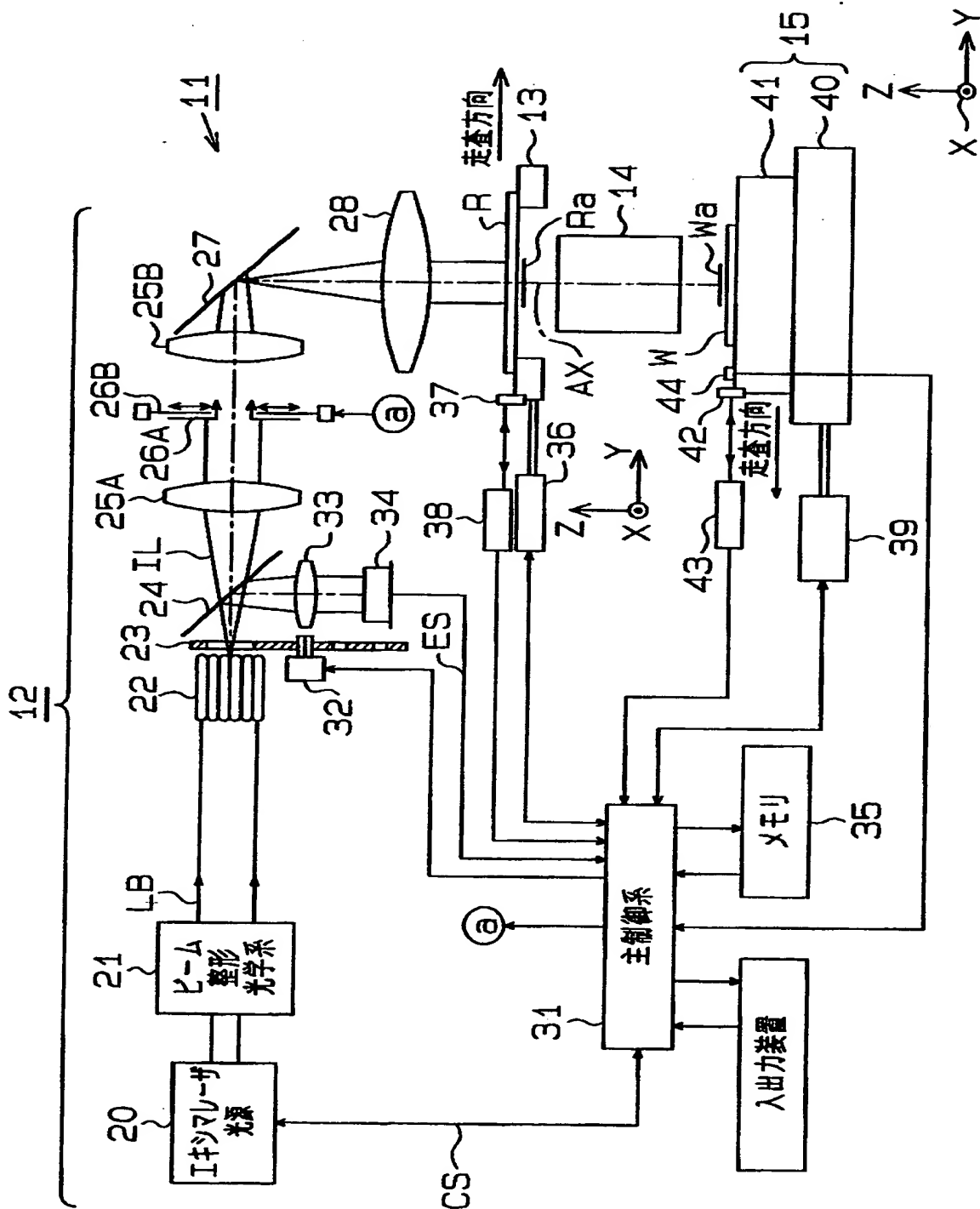
【図 3】 待機状態におけるレーザビームの発振パターンを示す図。

【符号の説明】

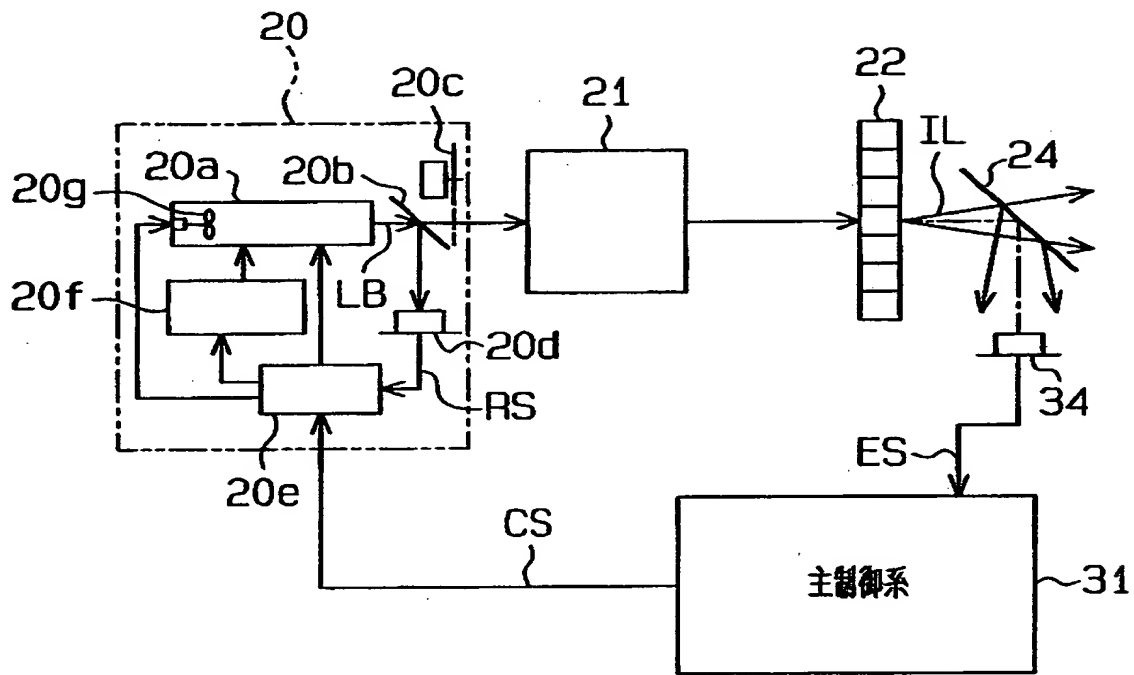
11 … 露光装置、14 … 投影光学系、20 … レーザ装置としてのエキシマレーザ光源、20a … 共振器としてのレーザ共振器、20d … 検出手段を構成するエネルギーモニタ、20e … 制御手段を構成するコントローラ、20g … ファン、34 … 検出手段を構成するインテグレータセンサ、44 … 検出手段を構成する照度ムラセンサ、LB … レーザビーム、R … 照射対象物及びマスクとしてのレチクル、W … 基板としてのウエハ。

【書類名】 図面

【图 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 待機状態で各種の発振条件におけるレーザビームの発振状態を把握して、正確な発振制御の可能なレーザ装置及び露光装置を提供する。

【解決手段】 レチクルへのレーザビームLBの照射を停止した待機状態において、エキシマレーザ光源20のレーザ共振器20aから、例えばレーザビームLBのエネルギーや発振周波数（発振条件）を変更してレーザビームLBを発振させる。その発振されたレーザビームLBをエネルギーモニタ20dで検出し、その検出結果に基づいて各発振条件毎にレーザビームLBの発振状態を制御するための制御データを求め、コントローラ20e内に記憶する。レチクルにレーザビームを照射する照射状態において、記憶された制御データに基づいて、レーザ共振器20aに供給する印加電圧を調整する。

【選択図】 図2

特平11-195850

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン